

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-348862

(43) 公開日 平成6年(1994)12月22日

(51) Int.Cl.⁵

G 0 6 F 15/72

識別記号

4 5 0 K 9192-5L

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平5-139721

(22) 出願日 平成5年(1993)6月11日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 森 俊樹

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

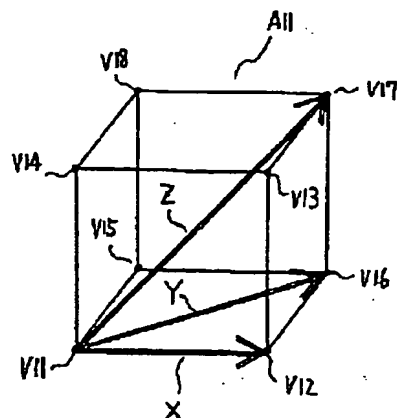
(74) 代理人 弁理士 大胡 典夫

(54) 【発明の名称】 三次元等値面生成方法

(57) 【要約】

【目的】 効率よく、且つ高速に三次元等値面の生成が行なうことができる三次元等値面生成方法を提供する。

【構成】 六面体A11の2頂点の相対関係、例えば頂点v11と頂点v12、頂点v11と頂点v16、頂点v11と頂点v17のように辺上で隣接する第1の頂点関係X、面の対角線上で隣接する第2の頂点関係Y、頂点同志が向かい合っている第3の頂点関係Zに対応して異なる第1、第2、第3の距離値1、10、100を付与し、これによって等値面を形成する六面体のタイプ毎に予め設定した判別値と、対象とする六面体の第1、第2、第3の頂点関係に対応した第1、第2、第3の距離値による演算結果とを比較することによって判定するようにしている。このため、対象とする六面体の各頂点関係に各距離値を付与して演算された結果と判別値とを比較し一致を見るだけで、該当六面体タイプを容易に見出だすことができる。



A11→六面体

X→第1の頂点関係

Y→第2の頂点関係

Z→第3の頂点関係

v11, v12, v16, v17→頂点

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 三次元データを8個の頂点として六面体を形成し、この六面体の形態が予め分類されている等値面を形成する六面体タイプのいずれに該当するかを判定した後に前記六面体の等値面を生成する三次元等値面生成方法において、予め六面体の頂点のうちの2頂点の相対位置関係を、六面体の辺上で隣接する第1の頂点関係と、六面体の面の対角線上で隣接する第2の頂点関係と、該頂点同志が向かい合っている第3の頂点関係とに類別し、且つ前記第1、第2、第3の頂点関係に対応して夫々異なる第1、第2、第3の値を付与するようにして前記等値面を形成する六面体のタイプ毎の判別値を設定しておき、前記六面体の有する前記第1、第2、第3の頂点関係に対して前記第1、第2、第3の値を与えて演算し、この演算結果と前記判別値とを比較して前記六面体の形態が予め分類されている等値面を形成する六面体タイプのいずれに該当するかを判定し、この判定結果に基づいて前記六面体の等値面を生成するようにしたことを特徴とする三次元等値面生成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、コンピュータグラフィックで解析データを可視化する際のツールなどに用いられる三次元等値面生成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近時、X線コンピュータトモグラフィ(X線CT)装置や核磁気共鳴(NMR)装置による画像データ、コンピュータによる構造解析や流体解析における出力データ等の三次元データをもとに、これら得られたデータ等処理し表示部に画像として可視化することが、そのデータが持っている情報を把握しやすくするためによく行われる。このようなコンピュータグラフィックにおけるデータの可視化ツールの一つに三次元等値面表示がある。これでは適宜に設定した境界値に対して三次元データ中の等値面を表示し、それにより三次元データ中のデータ分布を立体的に捉えることができるようにしている。

【0003】 そして三次元等値面を得るための三次元等値面生成方法として、「MARCHING CUBE S: A HIGH RESOLUTION 3D SURFACE CONSTRUCTION ALGORITHM」(Computer Graphics, Volume 21, Number 4, July 1987)に示された、所謂マーチング・キューブズ・アルゴリズム(Marching Cubes Algorithm)が広く用いられている。このマーチング・キューブズ・アルゴリズムでは、データ値が付与された三次元空間中の点をボクセルとし、8個のボクセルを頂点とする六面体(キューブ)を処理の基本単位としている。そしてボクセル集合の局所的な配置からそのボクセル集

2

合を覆う面素を推定しており、さらにその面素を投影することによって表示像を得るようにしている。

【0004】 以下、マーチング・キューブズ・アルゴリズムの概要を図5及び図6を参照して説明する。図5は六面体を示す図であり、図6は六面体タイプの分類を説明するために示す図である。

【0005】 三次元データの構造は、例えば複数の平行なスライスと、そのスライスに夫々データ値を有する点が格子状に配列されたものとなっていて、隣接するスライスの互いに対向する夫々の4つの点を頂点として六面体が複数形成されるように構成される。すなわち、その1つの六面体は図5に示すようなものとなる。

【0006】 図5において、s1, s2は隣接するスライスであり、v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8は夫々データ値を有する六面体A1の頂点で、スライスs1, s2上の点である。ここで六面体A1の頂点v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8の中で、例えば頂点のデータ値がその六面体A1の部分で表示する面の境界値よりも大きい、あるいは等しくなっている場合にその頂点に印を付けるようにする。

【0007】 このようにして8つの頂点v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8に印が付くか付かないかを区別して類別すると、六面体A1の種類は全部で $2^8=256$ 通り考えられる。しかし、これらの256通りある六面体の種類は、対称性を考慮して整理すると図6に示すように15種類の六面体タイプa, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, oに分類される。

【0008】 この15種類の六面体タイプa, b, c, ..., oは、これらのうち図6中では黒丸として示す印を頂点に有する14種類の六面体タイプb, c, d, ..., oについては、印が付いている頂点に対応して三角形パッチの等値面が生成される。そして、全ての対象とする六面体について15種類の六面体タイプa, b, c, ..., oの中から該当する六面体タイプを選定することで、選定された各六面体の三角形パッチによって三次元等値面が生成される。

【0009】 しかしながら上記の従来技術においては、頂点に印の付いた対象とする六面体A1について、その各頂点を図6の六面体タイプと比較し、一致する六面体タイプがあるか否かを調べる。そして、一致する六面体タイプが存在しない場合には、六面体A1を回転し新たに六面体タイプと比較を行ない、一致する六面体タイプが見つかるまで比較を繰り返すことになる。

【0010】 また、六面体A1の回転をも考慮して六面体タイプの番号付けを行なうと、番号付けには $3 \times 8 = 24$ 通りが存在する。このため、一致する六面体タイプがあるか否かを調べる比較の回数は、最悪の場合、 $8 \times 15 \times 24 = 2880$ 回となり、対象とする六面体A1を15種類の六面体タイプa, b, c, ..., oに分類す

る段階での頂点を比較する処理が冗長であった。それ故、三次元等値面の生成を効率よく、また高速に実施することは難しいものとなっていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記のように従来の方法では、対象とする六面体が予め分類された六面体タイプのいずれのタイプに該当するものであるかを判定するのに、多くの比較を繰り返さなければならず、この比較処理が冗長なものとなり、効率よく高速に三次元等値面の生成を実施することは難しいものであった。このような状況に鑑みて本発明はなされたもので、その目的とするところは対象とする六面体が六面体タイプのいずれに該当するかの比較処理が冗長とならず、効率よく、また高速に三次元等値面の生成が行なえる三次元等値面生成方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の三次元等値面生成方法は、三次元データを8個の頂点として六面体を形成し、この六面体の形態が予め分類されている等値面を形成する六面体タイプのいずれに該当するかを判定した後、六面体の等値面を生成する三次元等値面生成方法において、予め六面体の頂点のうちの2頂点の相対位置関係を、六面体の辺上で隣接する第1の頂点関係と、六面体の面の対角線上で隣接する第2の頂点関係と、該頂点同志が向かい合っている第3の頂点関係とに類別し、且つ第1、第2、第3の頂点関係に対応して夫々異なる第1、第2、第3の値を付与するようにして等値面を形成する六面体のタイプ毎の判別値を設定しておき、六面体の有する第1、第2、第3の頂点関係に対して第1、第2、第3の値を与えて演算し、この演算結果と判別値とを比較して六面体の形態が予め分類されている等値面を形成する六面体タイプのいずれに該当するかを判定し、この判定結果に基づいて六面体の等値面を生成するようにしたことを特徴とするものである。

【0013】

【作用】上記のように構成された三次元等値面生成方法は、六面体の2頂点における辺上で隣接する第1の頂点関係X、面の対角線上で隣接する第2の頂点関係Y、頂点同志が向かい合っている第3の頂点関係Zの相対関係に対応して異なる第1、第2、第3の値を付与し、これによって等値面を形成する六面体のタイプ毎に予め設定した判別値と、対象とする六面体の第1、第2、第3の頂点関係に対応した第1、第2、第3の値による演算結果とを比較することによって判定するようにしている。このため、対象とする六面体は有する第1、第2、第3の頂点関係のそれぞれに対応して第1、第2、第3の値を付与して演算された結果と、等値面を形成する六面体のタイプ毎の判別値とを比較し一致を見ることで、その対象とする六面体が六面体タイプのいずれに該当するか冗長な比較処理を要さずに容易に見出だすことができ

る。

【0014】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図1乃至図4を参照して説明する。図1は六面体の2頂点の頂点関係を説明するために示す図であり、図2は六面体タイプの分類に対応する判別値を示す図であり、図3はフローチャートであり、図4は対象とする六面体の一つを示す図である。

【0015】本発明の方法は、六面体の8個の頂点の1つの頂点についてみたとき、この頂点と隣接する頂点との間の関係は、両頂点の位相的な距離について見ると3種類に区分けできることに着目してなされたものである。すなわち図1に示すように、例えば六面体A11の8個の頂点v11、v12、v13、v14、v15、v16、v17、v18の1つの頂点v11についてみたとき、2頂点が頂点v11と頂点v12のように六面体A11の辺上で隣接する第1の頂点関係Xと、2頂点が頂点v11と頂点v16のように六面体A11の一つの面の対角線上で隣接する第2の頂点関係Yと、頂点v11と頂点v17のように当該頂点同志が向かい合っている第3の頂点関係Zとに類別できる。

【0016】さらに各第1、第2、第3の頂点関係X、Y、Zについて、第1の頂点関係Xにあるものには距離値1を、第2の頂点関係Yにあるものには距離値10を、第3の頂点関係Zにあるものには距離値100を付与する。例えば図1の六面体A10では、第1の頂点関係Xにある頂点v11と頂点v12とは距離値1であり、第2の頂点関係Yにある頂点v11と頂点v16とは距離値10であり、第3の頂点関係Zにある頂点v11と頂点v17とは距離値100である。

【0017】そして、上述のような頂点関係とそれに対応する距離値を、図6に示されている15種類の六面体タイプa、b、c、…、oのうち、等値面を形成する図中に黒丸による印を付けた頂点が2つ以上ある13種類の六面体タイプc、d、e、…、oに対してそれぞれ与えると、各六面体タイプの距離値から得られる判別値は図2に示す通りのものとなる。

【0018】なお、図2中の第1の判別値、第2の判別値及びキーは次に説明する判定過程での判別が容易に行ない得るように整理して設定したもので、第1の判別値は第1回目での判別に用いる判別値であり、第2の判別値は第1回目では判別できないときに第2回目での判別に用いる判別値であり、キーは第1の判別値と第2の判別値とが同じ値になる場合に区別するために与えてある。なおまた、ここでは第1、第2、第3の頂点関係X、Y、Zにおける各距離値を1、10、100としたが、これに限定されるものではなく、距離値はそれぞれ異なる値を適宜用い、13種類の六面体タイプc、d、e、…、oに対し各判別値が得られるように設定すればよい。

【0019】次に、三次元等値面を得るために三次元デ

ータを8個の頂点として形成された対象とする六面体が、15種類の六面体タイプa, b, c, ..., oのうちのいずれのものに該当するかを判定する過程について、図3に示したフローチャートにより説明する。

【0020】先ず、第1のステップS11で、対象とする六面体とその六面体の部分で表示する面の境界値よりもデータ値が大きいか、あるいは等しくなっている頂点を有するものであるか否かを判別が行なわれ、対象とする六面体に頂点がない場合にはタイプaと判定される。

【0021】第2のステップS12で、頂点の数が1個であるか複数個であるかの判別が行なわれ、頂点の数が1個である場合にはタイプbと判定される。

【0022】続いて第3のステップS13で、複数個ある頂点の数、その頂点の集合の設定が行なわれる。

【0023】次いで第4のステップS14で、第3のステップS13で設定されたものについて初期条件の設定が行なわれる。すなわち、頂点のうちから基準頂点として第1の頂点が決められ、この第1の頂点がさらに前頂点として設定され、また前距離値の和の値として0及びキーの値として0が設定される。

【0024】次の第5のステップS15では、基準頂点と他の各頂点との頂点関係に対応するそれぞれの距離値の和が算出され、また基準頂点から距離値の小さい順に他の各頂点が並べ変えられ、基準頂点の次にくる距離値の小さい頂点が次頂点として設定が行なわれる。

【0025】第6のステップS16で、前頂点と次頂点と同じであるか否かの比較が行なわれ、前頂点と次頂点と同じでない場合にはそのまま第7のステップS17に移る。なお前頂点と次頂点と同じである場合にはキーの値を1として第7のステップS17に移る。

【0026】そして第7のステップS17では、図2の六面体タイプ毎の判別値との比較が行なわれる。すなわちキーの値の比較、第5のステップS15で算出された距離値の和の値と第1の判別値との比較、前距離値の和の値と第2の判別値との比較が行なわれる。

【0027】続く第8のステップS18で、先の第7のステップS17の比較で一致する行があるか否かの判別が行なわれ、一致する行があるとその行の六面体タイプが対象とする六面体の該当する形態であると判定される。

【0028】また第8のステップS18で比較結果に一致する行がない場合には、第9のステップS19で、基準頂点が前頂点として、次頂点が基準頂点として、さらに基準頂点をもとにして算出された距離値の和の値を前距離値の和の値としてそれぞれ新たに設定される。

【0029】そして、この第9のステップS19の設定のもとに第5のステップS15での設定がやり直される。すなわち新たな基準頂点のもとに他の各頂点との頂点関係に対応するそれぞれの距離値の和が算出され、また新たな基準頂点から距離値の小さい順に他の各頂点が並べ変えられて設定が行なわれる。

【0030】この後、新たな設定のもとで第6、第7、第8、第9のステップS16、S17、S18、S19が、第8のステップS18で一致する行があると判定されるまで繰り返し行なわれる。

【0031】このような過程を経て行なう判定について、具体的に図4に示す六面体A21を例に以下に説明する。六面体A21は、その頂点v21, v22, v23, v24, v25, v26, v27, v28のうちの4つの頂点v23, v24, v25, v26のデータ値が、その六面体A21の部分で表示する面p1, p2, p3, p4の境界値よりも大きくなっている。そして、この4つの頂点v23, v24, v25, v26を有する六面体A21が、図6の15種類の六面体タイプa, b, c, ..., oのうちのどれに該当するかを判定する。

【0032】先ず、第1のステップS11で、六面体A21が、その六面体A21の部分で表示する面p1, p2, p3, p4の境界値よりもデータ値が大きくなっている頂点を有するものであるか否かを判別が行なわれ、六面体A21は頂点を有するためタイプaではないと判定される。

【0033】続く第2のステップS12で、頂点の数が1個であるか複数個であるかの判別が行なわれ、頂点の数が4個であるためタイプbではないと判定される。

【0034】続いて第3のステップS13で、頂点の数が4、その頂点の集合(v23, v24, v25, v26)の設定が行なわれる。

【0035】次いで第4のステップS14で、第3のステップS13で設定されたものについて基準頂点v23、前頂点v23、前距離値の和の値0及びキーの値0が初期条件として設定される。

【0036】次の第5のステップS15では、基準頂点v23と他の各頂点v24, v25, v26との頂点関係に対応するそれぞれの距離値の和111が算出される。すなわち、第1の頂点関係Xにある頂点v23と頂点v24の距離値1と、第2の頂点関係Yにある頂点v23と頂点v26の距離値10と、第3の頂点関係Zにある頂点v23と頂点v25の距離値100とから距離値の和111が算出される。また基準頂点v23から距離値の小さい順に他の各頂点が(v23, v24, v26, v25)と並べ変えられ、次頂点v24の設定が行なわれる。

【0037】第6のステップS16で、前頂点v23と次頂点v24が同じであるか否かの比較が行なわれ、前頂点v23と次頂点v24が同じでないため第7のステップS17に移る。

【0038】そして第7のステップS17では、図2の六面体タイプ毎の判別値との比較が行なわれる。すなわち、キーの値0で、第5のステップS15で算出された距離値の和の値111と第1の判別値との比較、前距離値の和の値0と第2の判別値との比較が行なわれる。

【0039】続く第8のステップS18で、先の第7のステップS17の比較で一致する行があるか否かの判別が行

なわれる。この比較で図2には、キーの値が0で、第1の判別値が111、第2の判別値が0となる行がないことが判別される。

【0040】このため第9のステップS19で、新たに前頂点v23、基準頂点v24とし、さらに基準頂点v23として算出された距離値の和の値111を前距離値の和の値として設定される。

【0041】そして、この第9のステップS19の設定のもとに第5のステップS15での設定がやり直される。すなわち新たに基準頂点v24とし他の各頂点v23、v25、v26との頂点関係に対応するそれぞれの距離値の和111が算出され、また基準頂点v24から距離値の小さい順に他の各頂点が(v24、v23、v25、v26)と並べ変えて設定が行なわれる。

【0042】この後、再び第6のステップS16で、前頂点v23と次頂点v24が同じであるか否かの比較が行なわれ、前頂点v23と次頂点v24が同じでないため第7のステップS17に移る。

【0043】そして第7のステップS17では、図2の六面体タイプ毎の判別値との比較が行なわれる。すなわち、キーの値0で、第5のステップS15で新たに算出された距離値の和の値111と第1の判別値との比較、前距離値の和の値111と第2の判別値との比較が行なわれる。

【0044】第8のステップS18では、再び第7のステップS17の比較で一致する行があるか否かの判別が行なわれる。この比較で図2には、キーの値が0で、第1の判別値が111、第2の判別値が111となる行が存在することが判別され、対象とする六面体A21が六面体タイプkに該当するとの判定がなされる。

【0045】なお上記の六面体A21の例においては、第5のステップS15以降を2回繰り返すことによって該当する六面体タイプの見出しが行ない得たが、いずれの六面体であっても3回以下の繰り返しで該当する六面体タイプの見出しができる。

【0046】そして、六面体A21の頂点v23、v24、v25、v26に対応して見出された六面体タイプkにより三角形パッチの等値面が生成される。

【0047】以上のように本実施例は構成され、対象とする六面体が15種類の六面体タイプa、b、c、…、oのいずれに該当するか見出だすのに、従来は各頂点に番号付けを行ない一致する六面体タイプが見付かるまで

多数回の比較を繰り返さなくてはならなかったものが、2つ以上の頂点があるものには第1の頂点関係Xに距離値1を、第2の頂点関係Yに距離値10を、さらに第3の頂点関係Zに距離値100を与えることで簡単な演算を最悪でも数回繰り返すだけですむこととなり、容易に該当する六面体タイプを見出だすことができる。そして冗長な比較処理を要さないため、三次元等値面の生成を効率よく、また高速に実施することができる。

【0048】尚、本発明は上記の実施例のみに限定されるものではなく、要旨を逸脱しない範囲内で適宜変更して実施し得るものである。

【0049】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように本発明は、予め六面体の2頂点間の相対的な第1、第2、第3の頂点関係に対応して異なる第1、第2、第3の値を付与し、等値面を形成する六面体のタイプ毎に設定した判別値と、対象とする六面体の第1、第2、第3の頂点関係に対応した第1、第2、第3の値による演算結果とを比較することによって判定する構成としたことにより、対象とする六面体が六面体タイプのいずれに該当するか冗長な比較処理を要せずに容易に見出だすことができ、効率よく、また高速に三次元等値面の生成が行なうことができるようになる等の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る六面体の2頂点の頂点関係を説明するために示す図である。

【図2】本発明の一実施例に係る六面体タイプの分類に対応する判別値を示す図である。

【図3】本発明の一実施例に係る判定過程のフローチャートである。

【図4】本発明の一実施例に係る六面体の一つを示す図である。

【図5】マーチング・キューブズ・アルゴリズムを説明するための六面体を示す図である。

【図6】マーチング・キューブズ・アルゴリズムにおける六面体タイプの分類を説明するために示す図である。

【符号の説明】

A11…六面体

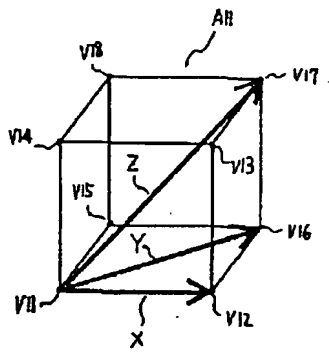
X…第1の頂点関係

Y…第2の頂点関係

Z…第3の頂点関係

v11、v12、v16、v17…頂点

【図1】



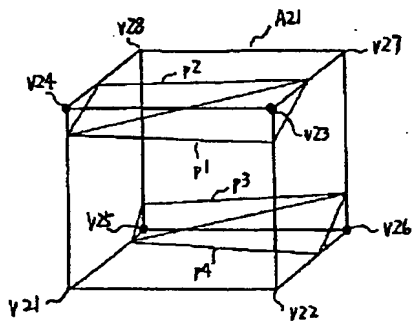
A11—六面体 X—第1の頂点関係
 Y—第2の頂点関係 Z—第3の頂点関係
 v11, v12, v13, v14—頂点

【図2】

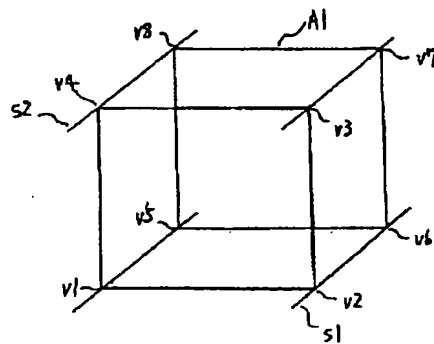
六面体タイプ	第2の判別値	第1の判別値	キーの値
c	*	1	*
d	*	10	*
e	*	100	*
f	*	2	*
g	11	101	*
h	*	20	*
i	12	12	0
j	*	3	*
k	111	111	*
l	12	12	1
m	*	102	*
n	*	30	*
o	12	111	*

*: 任意の値

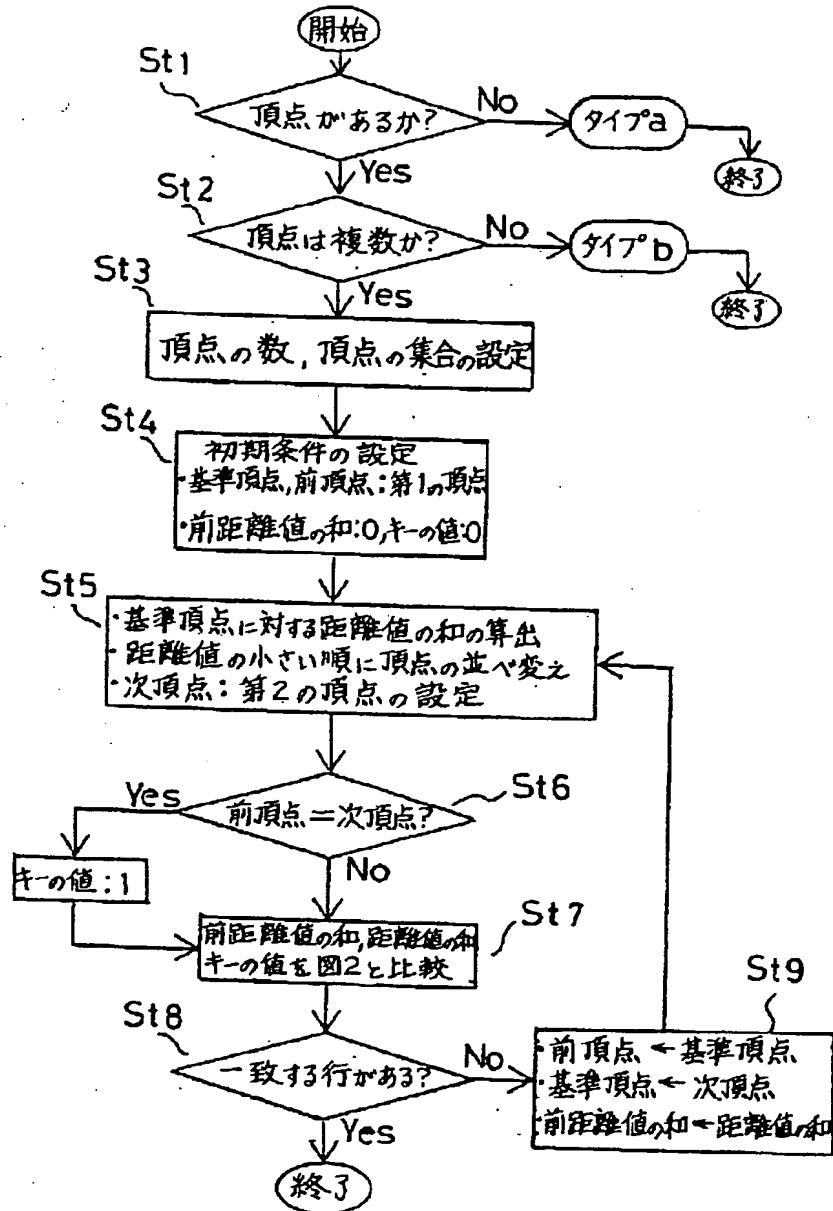
【図4】



【図5】



【図3】



(8)

特開平6-348862

【図6】

